

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-207664

(P2003-207664A)

(43)公開日 平成15年7月25日(2003.7.25)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 6/122  
6/26

識別記号

F I

テマコード(参考)

G 0 2 B 6/26  
6/12

2 H 0 3 7  
A 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全5頁)

(21)出願番号

特願2002-3921(P2002-3921)

(22)出願日

平成14年1月10日(2002.1.10)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 美野 真司

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 山田 貴

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(74)代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外1名)

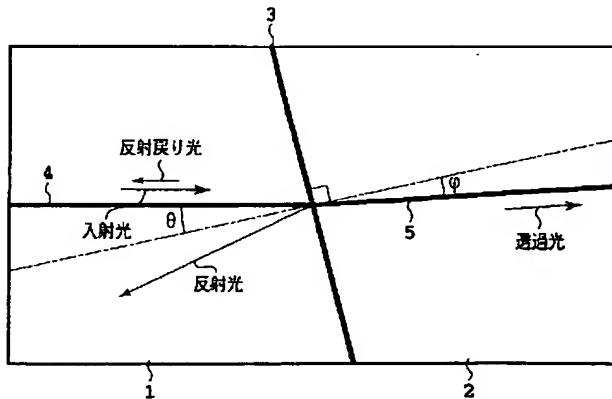
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光回路

(57)【要約】

【課題】 P L C 基板とL Nを初めとする多元系酸化物基板上に各々形成した光導波路を、A r コート膜なしで、少ない反射戻り光強度で接続すること。

【解決手段】 P L C 基板1は、S i 基板上に形成した石英系光波回路により作製した高△導波路で、第2のL i N b O<sub>3</sub> 基板2は、z面上に形成したT i 拡散による光導波路を用いた。P L C 基板1とL N基板2とは、基板端面をUV接着剤で接続することにより、光導波路同士の光結合を行った。P L C 基板1上の光導波路4の入射角が、θとなるように、P L C 基板1の出射側端面は垂直から角度θだけ斜めに切断した。L N基板2の入射側端面の角度φは、P L C - L N境界面3での光損失が最小となるように、スネルの法則 $\sin(\theta)/\sin(\phi) = n_1/n_2$  を満たす角度とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光信号の入力側に設けられ、光導波路を有する第1の基板と、該第1の基板の出力導波路に対応する入力導波路を有し、該第1の基板と屈折率の異なる光導波路を有する第2の基板と、前記第1及び第2の基板の接続が、該基板同士を端面で突き合わせて各光導波路同士を光結合させ、該光導波路同士が一直線でなく斜めに傾いていることを特徴とする光回路。

【請求項2】 前記光導波路同士の角度がスネルの法則に従うことを特徴とする請求項1に記載の光回路。

【請求項3】 前記第1の基板が石英ガラスを用いた光導波路を有する基板で、前記第2の基板が多元系酸化物を用いた光導波路を有する基板であることを特徴とする請求項1又は2に記載の光回路。

【請求項4】 前記多元系酸化物を用いた光導波路を有する基板として、 $\text{Li}_x\text{Nb}_x\text{O}_3$ ,  $\text{Li}_x\text{Ta}_x\text{O}_3$ ,  $\text{KTa}_x\text{Nb}_x\text{O}_3$ 又は $\text{K}_x\text{Li}_y\text{Ta}_z\text{Nb}_x\text{O}_3$ を用いたことを特徴とする請求項3に記載の光回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信システムに応用可能な光導波路を有する光回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 今日、光通信や光信号処理の高度化に伴い、高機能な光回路の実現が求められている。図5は、従来の光回路の構成図で、図中符号31は第1のPLC基板（アレイ導波路光子を含む）、32は第2の基板（ $\text{LiNbO}_3$ 基板）、33は第3のPLC基板（アレイ導波路光子を含む）、34は $\text{LiNbO}_3$ 光導波路、35はマッハツエンダ回路を示している。光回路として実績のある石英系光波回路（Planar Lightwave Circuit: PLC）31, 33によるアレイ導波路格子を用いた波長合分波器2個と、 $\text{LiNbO}_3$ （LN）基板に形成された光導波路34を用いたマッハツエンダ回路35による高速on/offスイッチと、基板同士の端面を結合させることにより同一平面上に作製している。

【0003】 このようにパッシブな光導波路として実績のある石英系PLC31, 33と、電気光学効果を用いた高速変調機能の実績があるLN回路32を組み合わせて高機能化や多チャネル化を図っている。今後、このような高機能回路の実用化が進んでいくと予想する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 図6は、図5に示したPLCとLNとの基板接続部を示す図で、図中符号41はPLC基板、42はLN基板、43はPLC基板とLN基板の端面接続面（LN基板側端面にARコート）、44, 45は光導波路を示している。

【0005】 光導波路同士を低損失に接続するためには、このように一直線に光導波路44, 45を配置して

接続する必要がある。ここで石英ガラスの光導波路基板41とLNの光導波路基板42では、屈折率が各々1.46, 2.2と大きく異なる。そのため無処理の端面同士を接続すると反射光が生じ元の光導波路中に戻ってしまうため、特性を劣化する。そのため、LN端面側に垂直に無反射コート（ARコート）して反射戻り光強度を、例えば-30dB以下、望ましくは-40dBにする必要があった。

【0006】 このARコートの形成は、例えば、SiNのような膜を極めて高い膜厚精度で多層に形成して作製する必要があるため、専門性が高く歩留まりの低い作業である。さらに、このような膜を基板に垂直な端面に形成するのは一層の労力を要する。さらに、端面が薄いために、その後の接続作業における摩擦等でARコートが剥がれる可能性もあった。そのため、このARコートなしでも反射光が元の光導波路に戻らない技術が望まれていた。

【0007】 本発明は、このような状況に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、PLC基板とLNを初めとする多元系酸化物基板上に各々形成した光導波路を、ARコート膜なしで、少ない反射戻り光強度で接続することを可能とする光回路を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、光信号の入力側に設けられ、光導波路を有する第1の基板と、該第1の基板の出力導波路に対応する入力導波路を有し、該第1の基板と屈折率の異なる光導波路を有する第2の基板と、前記第1及び第2の基板の接続が、該基板同士を端面で突き合わせて各光導波路同士を光結合させ、該光導波路同士が一直線でなく斜めに傾いていることを特徴とする。

【0009】 また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記光導波路同士の角度がスネルの法則に従うことを特徴とする。

【0010】 また、請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の発明において、前記第1の基板が石英ガラスを用いた光導波路を有する基板で、前記第2の基板が多元系酸化物を用いた光導波路を有する基板であることを特徴とする。

【0011】 また、請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の発明において、前記多元系酸化物を用いた光導波路を有する基板として、 $\text{Li}_x\text{Nb}_x\text{O}_3$ ,  $\text{Li}_x\text{Ta}_x\text{O}_3$ ,  $\text{KTa}_x\text{Nb}_x\text{O}_3$ 又は $\text{K}_x\text{Li}_y\text{Ta}_z\text{Nb}_x\text{O}_3$ を用いたことを特徴とする。

【0012】 このように、本発明は、従来例のように光導波路に垂直に切断した基板同士を接続するのではなく、光導波路に対して垂直から傾いた角度に切断した基板同士を接続する。この角度については、光導波路同士

はスネルの法則から導かれる。結合損失が少ない角度に設定され、かつ入射側の光導波路への反射戻り光が十分小さくなるような角度に設定する。その結果、Arコートなしで元の光導波路への反射を防ぐことができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。図1は、本発明の光回路の一実施例を説明するための構造図(平面図)で、図中符号1はPLC基板、2はLN基板、3はPLC基板とLN基板の端面接続面(斜め端面)、4、5は光導波路を示している。PLC基板1は、Si基板上に形成した石英系光波回路(Planar Lightwave Circuit: PLC)により作製した高△導波路(モードフィールド径9.0μm)とした。また、第2のLiNbO<sub>3</sub>基板2においては、z面上に形成したTi拡散による光導波路(モードフィールド径7.0μm)を用いた。

【0014】PLC基板1とLN基板2とは、基板端面をUV接着剤で接続することにより、光導波路同士の光結合を行った。なお、PLC基板1上の光導波路4の入射角が、図1に示したようにθとなるように、PLC基板1の出射側端面は垂直から角度θだけ斜めに切断した。

【0015】一方、LN基板2の入射側端面の角度ϕは、PLC-LN境界面3での光損失が最小となるように、スネルの法則 $\sin(\theta)/\sin(\phi) = n_1/n_2$ を満たす角度とした。但し $n_1, n_2$ は各々石英ガラス、LNの屈折率である。

【0016】図2は、図1における反射減衰量の入射角度θ依存性を示す図で、反射戻り光の入射光に対する減衰量を反射減衰量と定義して計算により求めるものである。ここで石英ガラス、LNの屈折率を各々1.46, 2.2とした。反射光強度は、TMモード(図1ではs偏光に対応する)を想定し、s偏光におけるフレネル反射強度r<sub>s</sub>は、

$$r_s = \sin(\theta - \phi) / \sin(\theta + \phi) \dots \quad (1)$$

により計算した。さらに、その反射光が入射光導波路に結合する結合率は、各々をガウスピームと仮定して導かれる近似式により計算した(例えば、河野健治:『光デバイスのための光結合系の基礎と応用』、(現代工学社、1991), p. 44)。

【0017】図2に示すように、斜め端面角度が増大するに従い、反射減衰量を増大、すなわち、反射戻り光強度を減少させることができる。この例では、斜め端面角度が5度以上の時には反射戻り光強度を-40dB以下になる。この際の反射光は損失となるが、斜め端面角度が5度の時、反射光による損失は0.2dBとほとんど問題にならないほど小さい。

【0018】以上、PLC基板からLN基板へ光を入射する例を挙げたが、光の相反性により、LN基板からPLC基板へ光を入射する際にも同様の効果がある。

【0019】以上のように、Arコートを端面に施すことなく、屈折率の異なる基板間の光導波路同士を、反射戻り光を十分低くして接続することができた。

【0020】なお、この効果は、光導波路同士の角度と基板端面の角度の関係が、スネルの法則を満たすようになっていれば存在する。例えば、図3及び図4のように、上方から見て光導波路同士が一直線であっても、断面方向からみて曲がっている構成も可能である。

【0021】図3は、光導波路の曲角度が鉛直方向のみに存在する例を示す図で、上方から見た平面図である。図中符号11はPLC基板、12はLN基板、13はPLC基板とLN基板の端面接続面(斜め端面)、14、15は光導波路を示している。

【0022】図4は、光導波路の曲角度が鉛直方向のみに存在する例を示す図で、基板断面を水平方向から見た図である。図中符号21はPLC基板、22はLN基板、23はPLC基板とLN基板の端面接続面(斜め端面)、24、25は光導波路を示している。

【0023】なお、図1に示した実施例では、多元系酸化物により作製された光導波路基板としてLiNbO<sub>3</sub>基板の例を挙げたが、KTa<sub>x</sub>Nb<sub>x</sub>O<sub>3</sub>またはK<sub>1-x</sub>Li<sub>x</sub>Ta<sub>1-x</sub>Nb<sub>x</sub>O<sub>3</sub>を初めとした他の多元系酸化物もLN基板同様に屈折率がガラスに比べ大きく、同様の効果を得られるのは言うまでもない。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、光信号の入力側に設けられ、光導波路を有する第1の基板と、第1の基板の出力導波路に対応する入力導波路を有し、第1の基板と屈折率の異なる光導波路を有する第2の基板と、第1及び第2の基板の接続が、基板同士を端面で突き合わせて各光導波路同士を光結合させ、光導波路同士が一直線でなく斜めに傾いているので、PLC基板とLNを初めとする多元系酸化物基板上に各々形成した光導波路を、Arコート膜なしで、少ない反射戻り光強度で接続することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光回路の一実施例を説明するための構造図(平面図)である。

【図2】図1における反射減衰量の入射角度θ依存性を示す図である。

【図3】光導波路の曲角度が鉛直方向のみに存在する例を示す図である。

【図4】光導波路の曲角度が鉛直方向のみに存在する例を示す図である。

【図5】従来の光回路の構成図である。

【図6】図5に示したPLCとLNとの基板接続部を示す図である。

【符号の説明】

1, 11, 21 PLC基板

2, 12, 22 LN基板

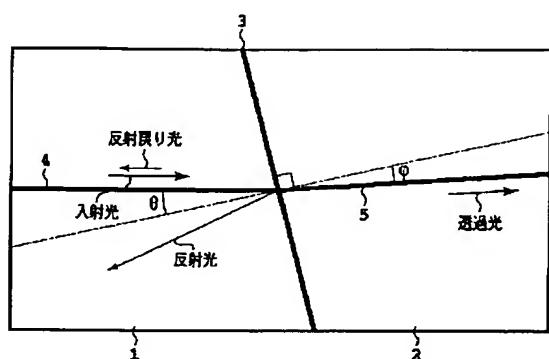
5

- 3, 13, 23 PLC基板とLN基板の端面接続面  
(斜め端面)  
4, 5, 14, 15, 24, 25 光導波路  
31 第1のPLC基板  
32 第2の基板(LiNbO<sub>3</sub>基板)  
33 第3のPLC基板

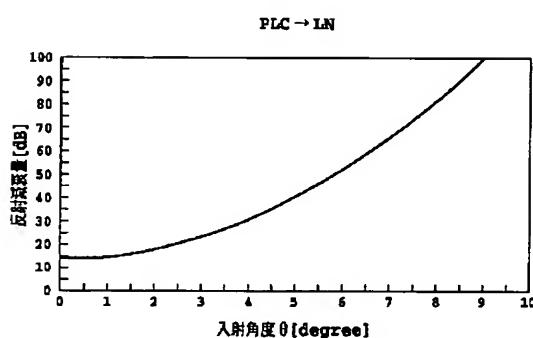
6

- 34 LiNbO<sub>3</sub>光導波路  
35 マッハツェンダ回路  
41 PLC基板  
42 LN基板  
43 PLC基板とLN基板の端面接続面  
44, 45 光導波路

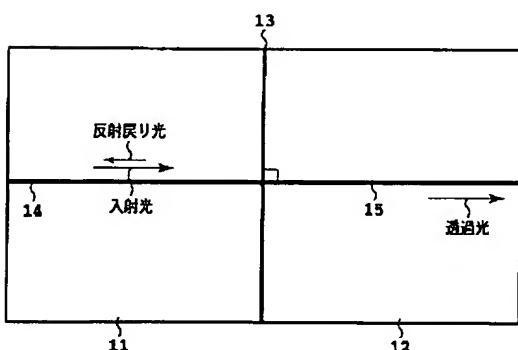
【図1】



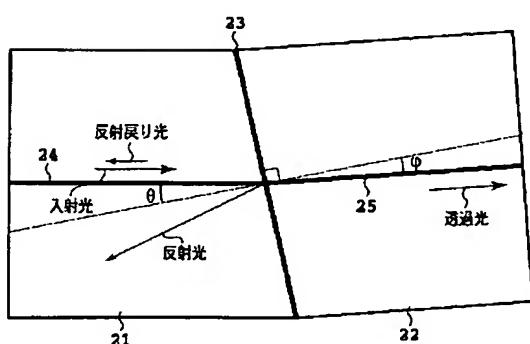
【図2】



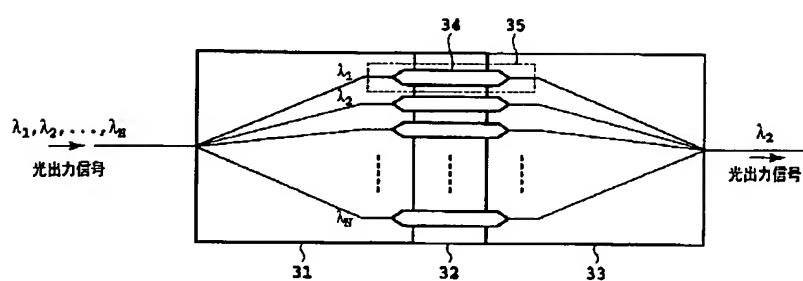
【図3】



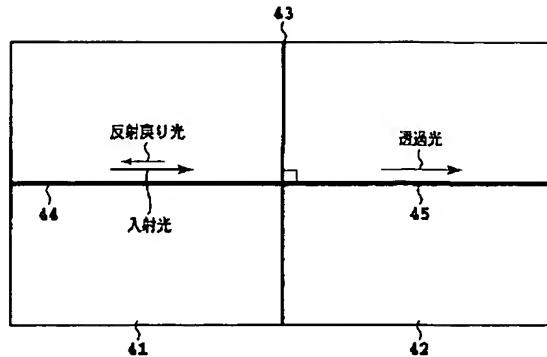
【図4】



【図5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 小川 育生

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 石井 元速

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

F ターム(参考) 2H037 AA01 BA24 CA34 DA17  
2H047 KA11 KA12 LA12 LA18 QA07  
TA32 TA36